

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-263796

(43)Date of publication of application : 13.10.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 06-049560

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.03.1994

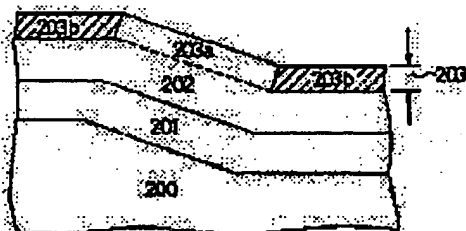
(72)Inventor : KONDO MASATO  
ANAYAMA CHIKASHI  
SHOJI HAJIME

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To make manufacturing of a semiconductor laser easy by enlarging freedom of combination of surface azimuth of a crystal which enables manufacturing of a semiconductor laser in a stepped substrate by adopting lateral pn patterning.

**CONSTITUTION:** The title device has a substrate 200 which has a main surface consisting of a (100) surface or a surface tilting in a range of about 0 to about 10° in (111) B direction from a (100) surface and a tilt surface consisting of a (311) B surface extending in <011> direction or a surface close to a (311) B surface and a current constriction layer 203 which is constituted of an n-type region 203b generated by Zn and Se (or S) introduced to a part of a p-type clad layer 202 which is a constituent element of a double/hetero structure and a p-type region 203a generated thereby on a tilt surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-263796

(43)公開日 平成7年(1995)10月13日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平6-49560

(22)出願日 平成6年(1994)3月18日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 近藤 真人

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 穴山 親志

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 小路 元

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外1名)

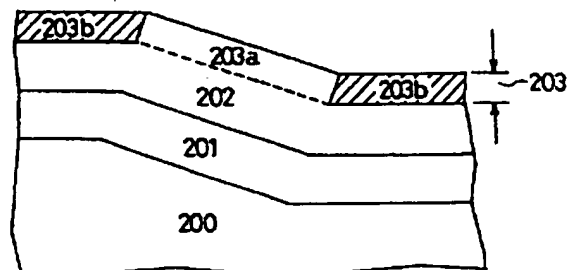
(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】

【目的】 半導体レーザに関し、ラテラルp nパターンニングの技術を適用して段差基板に半導体レーザを作製することが可能な結晶の面方位組み合わせの自由度を広げること、その種の半導体レーザの製造を容易化しようとする。

【構成】 (100)面或いは(100)面から(111)B方向に約0°から約10°の範囲で傾斜した面からなる主面及び<011>方向に延在した(311)B面或いは(311)B面に近接した面からなる斜面をもつ基板200及びダブル・ヘテロ構造の構成要素であるp型クラッド層202の一部に導入されたZn及びSe(或いはS)が前記主面上でn型領域203bを生成すると共に斜面上でp型領域203aを生成して構成された電流狭窄層203を備える。

本発明の原理に基づく半導体レーザの要部切断正面図



200 : 基板

201 : バッファ層

202 : クラッド層

203 : 電流狭窄層

203a : p型領域

203b : n型領域

(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】(100)面或いは(100)面から(111)B方向に約0°から約10°の範囲で傾斜した面からなる主面及び<011>方向に延在した(311)B面或いは(311)B面に近接した面からなる斜面をもつ基板と、

前記基板上に在ってダブル・ヘテロ構造の構成要素であるp型クラッド層の一部に同時に導入された二族アクセプタ不純物及び六族ドナー不純物が前記主面上でn型領域を生成すると共に斜面上でp型領域を生成して構成された電流狭窄層とを備えてなることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】(100)面或いは(100)面から(111)B方向に約0°から約10°の範囲で傾斜した面からなる主面及び<011>方向に延在した(311)B面或いは(311)B面に近接した面からなる斜面をもつ基板と、

前記基板上に在ってダブル・ヘテロ構造の構成要素であるp型クラッド層の一部として二族アクセプタ不純物がドーピングされた層及び六族ドナー不純物がドーピングされた層が交互に積層され前記主面上でn型領域を生成すると共に斜面上でp型領域を生成して構成された電流狭窄層とを備えてなることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】(100)面或いは(100)面に近接した面からなる主面及び前記主面の周囲360°方向に形成された斜面からなるメサ部分をもつ基板と、前記基板上に在って同時に導入された二族アクセプタ不純物及び六族ドナー不純物が前記主面上でn型領域を生成すると共に前記主面を囲む斜面上でp型領域を生成して構成された半導体層とを備えてなることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】(100)面或いは(100)面に近接した面からなる主面及び前記主面の周囲360°方向に形成された斜面からなるメサ部分をもつ基板と、前記基板上に在ってダブル・ヘテロ構造の構成要素であるp型クラッド層の一部として二族アクセプタ不純物がドーピングされた層及び六族ドナー不純物がドーピングされた層が交互に積層され前記主面上でn型領域を生成すると共に前記主面を囲む斜面上でp型領域を生成して構成された半導体層とを備えてなることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】二族アクセプタ不純物がZnであると共に六族ドナー不純物がSeであることを特徴とする請求項1或いは2或いは3或いは4記載の半導体レーザ。

【請求項6】二族アクセプタ不純物がZnであると共に六族ドナー不純物がSであることを特徴とする請求項1或いは2或いは3或いは4記載の半導体レーザ。

【請求項7】基板がGaAs、ダブル・ヘテロ構造のクラッド層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせ、活性層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせから

なることを特徴とする請求項1或いは2或いは3或いは4或いは5或いは6記載の半導体レーザ。

【請求項8】基板がInP、ダブル・ヘテロ構造のクラッド層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせ、活性層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせからなることを特徴とする請求項1或いは2或いは3或いは4或いは5或いは6記載の半導体レーザ。

【請求項9】活性層が歪み量子井戸活性層であることを特徴とする請求項7或いは8記載の半導体レーザ。

【請求項10】複数種類の半導体膜を積層してなる分布ブラッグ反射鏡を備えて光出射方向が前記半導体膜の積層方向に略垂直となって面発光することを特徴とする請求項3或いは4或いは5或いは6或いは7或いは8或いは9記載の半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば波長600〔nm〕帯の光源として好適なAlGaInP系可視光半導体レーザの改良に関する。

【0002】現在、高密度情報記録用光ディスク或いは光磁気ディスクなどの書き込み用及び読み出し用の光源、また、バー・コード・スキャナ、レーザ・プリンタ、ポインタなどの光源として、AlGaInP系材料を用いた波長600〔nm〕帯の可視光半導体レーザの実用化に関連する要求が多くなっている。

【0003】特に、今後、需要が見込まれている光磁気ディスク用の光源として前記半導体レーザに対して期待されるところが大きいことから、この用途については、低しきい値、高光出力、長寿命化も含めた高信頼性、低アスペクト比、低非点収差特性などについて厳しい条件が付されているので、これをクリアしなければならない。

## 【0004】

【従来の技術】図12は標準的なAlGaInP/GaInPロス・ガイド構造可視光半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【0005】図に於いて、31はn-GaAs基板、32はn-GaAsバッファ層、33はn-GaInP中間層、34はn-AlGaInPクラッド層、35は(Al)GaInP活性層、36はp-AlGaInPクラッド層、37はp-GaInP中間層、38はn-GaAs電流狭窄層、39はp-GaAsコンタクト層をそれぞれ示している。

【0006】この半導体レーザでは、活性層35の上方両脇に活性層35に比較して狭いエネルギー・バンド・ギャップをもつGaAsからなる電流狭窄層38を配設することに依って、活性層35の光を電流狭窄層38で意図的に吸収させて横方向に実効的な屈折率差を生成させ、横方向の光閉じ込めを実現しているものであり、この構造がロス・ガイド構造である。

(3)

【0007】前記半導体レーザは、構造が比較的簡単でありながら、しきい値電流、効率、光出力、信頼性などについて良好な特性を発揮できるが、次のような欠点をもっている。

【0008】① AlGaInP系可視半導体レーザは、有機金属気相成長 (metalorganic vapor phase epitaxy: MOVPE) 法を適用して形成するが、前記ロス・ガイド構造半導体レーザでは、三回の結晶成長を必要とし、工程が複雑になる。因みに、一回目はバッファ層32から中間層37までを、二回目は電流狭窄層38を、三回目はコンタクト層39をそれぞれ成長させる。

【0009】② ロス・ガイド構造であることから、非点収差が5[μm]~10[μm]と大きく、これを補正するには、例えば光磁気ディスク装置の光学系が複雑化する。

【0010】本発明者等は、前記ロス・ガイド構造半導体レーザの欠点を解消する為、さきに、段差基板を用いて一回の結晶成長で低非点収差可視半導体レーザ (self-aligned stepped substrate laser: S<sup>3</sup> laser) を形成する技術を提供した (要すれば、特開平6-45708号公報、を参照)。

【0011】図13は本発明者等が開発したS<sup>3</sup>レーザと呼ばれる可視半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【0012】図に於いて、41はn-GaAs基板、42はn-GaAsバッファ層、43はn-GaInP中間層、44はn-AlGaInPクラッド層、45は(Al)GaInP活性層、46はp-AlGaInPクラッド層、47はp型不純物とn型不純物の同時或いは交互ドーピングによって形成されたn型AlGaInP電流狭窄層、48はp-GaInP中間層、49はp-GaAsコンタクト層をそれぞれ示している。

【0013】図示例に於けるn-GaAs基板41は、主面が(100)面又は(100)面から<011>方向に約2°~10°程度傾斜し、そして、<01-1>方向に溝が形成され、この溝に於ける斜面の面方位は(411)A-(311)Aであって、この溝をもつ構成が段差基板と呼ばれる所以である。

【0014】前記のような構造は、p-AlGaInPクラッド層46を成長させる際、p型不純物であるZnとn型不純物であるSeを同時にドーピングし、不純物取り込みの面方位依存性の差を利用し、(100)面上にのみ、n型AlGaInP電流狭窄層47を生成させることができる。

【0015】即ち、MOVPE法を適用して成長させたAlGaInPに於いて、Znの取り込みは、(100)面に比較して(411)A-(311)A面で10倍乃至20倍も大であり、そして、Seの取り込みは、

(100)面に比較して(411)A-(311)A面で約1/5程度に小さくなる。

【0016】前記したようなことから、ZnとSeとを濃度を適切に調節して同時或いは交互ドーピングすることで、(100)面上ではn-AlGaInPを、そして、(411)A-(311)A面上ではp-AlGaInPをそれぞれセルフ・アライメント的に形成することができるのである。この技術は、ラテラルpnバターニング、と呼ばれている。

【0017】前記構造では、活性層45が屈曲していることから、等価的に活性層45の両側は屈折率が低いAlGaInPで挟まれた構成になっていることから、横方向に有効な屈折率差をもたせることができ、従って、高光出力の状態でも非点収差を小さくすることができ、具体的には、1[μm]以下にすることができる。

【0018】また、しきい値電流、効率、アスペクト比、信頼性などの諸特性も優れていることが確認されている。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】前記説明した先発明に於いては、(100)に近い面、及び、(311)A-(411)Aに近い面の組み合わせからなる基板を用い、S<sup>3</sup>レーザを作製する手段を開示したのであるが、その時点では、S<sup>3</sup>レーザの製造に応用できるのは、前記面方位の組み合わせしかないものと考えられていた。

【0020】然しながら、前記先発明に開示した同時或いは交互ドーピングに依るラテラルpnバターニングの技術が、他の面の組み合わせでも実現することができれば、素子製造の自由度が大きくなると共に新たな構成をもつ素子を実現できる可能性も生まれてくる。

【0021】本発明は、ラテラルpnバターニングの技術を適用して段差基板に半導体レーザを作製することが可能な結晶の面方位組み合わせの自由度を広げること、その種の半導体レーザの製造を容易化しようとする。

【0022】

【課題を解決するための手段】一般に、MOVPE法で成長する三族-五族化合物半導体では、不純物の取り込みが結晶の面方位に大きく依存する。

【0023】図1はAlGaInPに於けるZn取り込みの面方位依存性を説明する為の線図であり、横軸にはオフ角度を、そして、縦軸には偏析係数をそれぞれ採っている。尚、このデータは既知である。

【0024】ここで、偏析係数については、次のように定義される。

偏析係数 = (キャリア濃度または不純物濃度 /  $2.2 \times 10^{22} [\text{cm}^{-3}]$ ) / (不純物原料の供給量 / 三族原料または五族原料の供給量)

【0025】図1に見られるデータ、また、後に説明する図2及び図3に見られるデータを得た際の実験条件

(4)

5

は、

【0026】結晶成長温度：約700〔℃〕  
 圧力： $6.6 \times 10^3$ 〔Pa〕乃至 $1.0 \times 10^4$ 〔Pa〕（50〔Torr〕～76〔Torr〕）  
 原料：トリメチルインジウム（TMIn：In（C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>）<sub>3</sub>）  
 トリエチルガリウム（TEGa：Ga（C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>）<sub>3</sub>）  
 トリメチルアルミニウム（TMAI：Al（C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>）<sub>3</sub>）  
 ホスフィン（PH<sub>3</sub>）  
 キャリヤ・ガス：水素  
 である。

【0027】これまでの様々な研究から、（Al）GaInPに於けるZnの偏析係数は、次のような面方位依存性をもつことが知られている。即ち、図1に見られるように、Znの偏析係数は、（100）面から（111）A面方向への基板傾斜で著しく増加し、特に（311）A面に於いて極大値をとる。

【0028】これに対し、B面では、基板傾斜の増加に伴って、偏析係数は一旦減少し、傾斜角度が約5°から10°程度で極小値をとった後、増加に転じ、（311）B面で小さな極大値をとってから減少する。

【0029】図2はAlGaInPに於けるSe取り込みの面方位依存性を説明する為の線図であり、横軸にはオフ角度を、そして、縦軸には偏析係数をそれぞれ採っている。尚、このデータは本発明者等に依って新たに得られたものである。

【0030】さて、（Al）GaInPに於けるSeの偏析係数は、次のような面方位依存性をもつことが知られている。即ち、Seの偏析係数は、（100）面から（111）A面方向への基板傾斜で次第に減少する。

【0031】これに対し、B面では、面方位が（311）B面から（111）B面に変化するにつれて（100）面に比較して著しく増加するとされてきた。

【0032】ところが、本発明者等の実験に依ると、前記Seの偏析係数には、従来の認識とは相違していることが明らかになった。

【0033】即ち、AlGaInPのみならず、GaAs、AlGaAs、GaInPなどについてSe取り込みの面方位依存性を綿密に調べたところ、例えば、AlGaInPの場合、図2に見られるように、（100）面から（111）B面方向への基板傾斜に依って、偏析係数は若干増加し、傾斜角度が約5°から10°で極大値をとってから減少し、（311）B面付近で極小値をとってから増加に転じて（111）B面付近で著しく増加している。

【0034】このSeに於ける偏析係数の面方位依存性は、前記B面に於けるZnの偏析係数の面方位依存性とは全く逆の依存性であって、（100）面から（311）B面の間では、Seの偏析係数が複雑に変化するこ

6

とが明らかになった。

【0035】前記した実験の結果を踏まえて、本発明の原理について詳細に説明する。まず、図1からすると、B面に於けるZnの取り込みは、（100）面からの傾斜角度の増加につれ、まず減少する。傾斜角度が約5°程度になるとZnの取り込みは極小値をとり、その後は増加に転じ、（311）B面付近で極大値をとってから再び減少する。

【0036】データから明らかであるが、（511）B-（211）B面に於けるZnの取り込みは（100）面よりも大であり、（100）から約5°傾斜した面に比較して（311）B面のZn濃度は約6倍に達している。

【0037】次に、図2からすると、B面に於けるSeの取り込みは、Znの取り込みと正反対の傾向を示している。即ち、（100）面からの傾斜角度の増加に伴い、先ず、増加し、傾斜角度が約5°程度でSeの取り込みは極大値を示し、その後、減少して（311）B面付近で極小値をとった後、再び増加に転ずる。

【0038】（511）B-（211）B面に於けるSeの取り込みは（100）面に比較して小さく、（100）から約5°傾斜した面に比較すると、（311）B面のSe濃度は約1/3倍である。

【0039】前記説明した面方位依存性は、AlGaInPのAl組成や成長温度などの成長条件に係わりなく、広い範囲で現れる。このような依存性が現れる原因は不明であるが、傾斜基板に現れる表面ステップ、キンク、或いは、傾斜基板特有の表面構造が影響を与えていると考えられる。

【0040】前記したZnとSeとの取り込みに関する面方位依存性を利用すれば、表面にリッジ、溝、斜面などをもつ、所謂、形状基板上に二次元的にp型領域とn型領域とをパターンニングすることができる。

【0041】図3は（100）面から（111）B面の間でZnとSeとを同時にドーピングした場合の不純物濃度とキャリヤ濃度の依存性を表す線図であり、横軸には基板傾斜角度を、縦軸には不純物濃度及びキャリヤ濃度をそれぞれ採っている。

【0042】図3から明らかであるが、Zn及びSeのドーピング量を適当に選択することで、（100）面近傍ではSe濃度>Zn濃度でn型を、（311）B面近傍ではSe濃度<Zn濃度でp型を得ることができる。

【0043】従って、例えば、主面として（100）面付近の面、斜面として（311）B付近の面をもつ段差基板にZnとSeを同時にドーピングし、両者のドーピング量を適切に選択することに依り、（100）面付近の主面ではn型、（311）B面付近の斜面ではp型とそれぞれ異なった導電型の層を得ることができる。

【0044】図1及び図2に見られるデータから、最も効果的にn型層とp型層とを作り分ける為には、Znの

(5)

取り込みが最小で、Seの取り込みが最大になる(100)面から約5°程度傾斜した面と、Znの取り込みが最大で、Seの取り込みが最小になる(311)B付近の面を組み合わせれば良い。

【0045】この場合、(100)面から5°傾斜した面と(311)B面付近の面に於けるZn濃度/Se濃度の比率は約20倍程度となる。これは、前記既出願発明で開示した(100)面と(411)A面とを組み合わせた場合の約40倍に比較すると小さいが、その値は素子応用に充分な範囲にあり、しかも、結晶の面方位選択の範囲を拡大した効果は大きい。

【0046】本発明に依れば、既出願発明と同様、一回の結晶成長で自己整合的に電流狭窄層を半導体レーザ中に作り込むことができる。

【0047】図4は本発明の原理を適用し作製した半導体レーザを表す要部切断正面図である。尚、簡明にする為、図では、ラテラルpnバタニングを説明するのに必要な部分のみ表してあり、この点は、後に説明する図5及び図7に於いても同様である。図に於いて、200は基板、201はバッファ層、202はクラッド層、203は電流狭窄層、203aはp型領域、203bはn型領域をそれぞれ示している。

【0048】この半導体レーザでは、電流狭窄層203を形成する際、ZnとSeを同時にドーピングし、両者のドーピング量を適切に選択することに依って、主面である(100)面、或いは、(100)面から<01-1>方向に約5°程度傾斜した面ではn型領域203bを、また、(411)B-(311)B付近の斜面ではp型領域203aを成長させることができる。

【0049】図5は同じく本発明の原理を適用して作製した半導体レーザを表す要部切断正面図である。図に於いて、204は基板、205はバッファ層、206はクラッド層、207は電流狭窄層、207aはp型領域、207bはn型領域をそれぞれ示している。

【0050】図5に見られる半導体レーザでは、電流狭窄層207を形成する際、Zn及びSeを同時にドーピングするのに代え、Znをドーピングしたp型薄膜及びSeをドーピングしたn型薄膜を交互に積層成長させれば、主面ではSe濃度>Zn濃度、斜面ではSe濃度<Zn濃度となるように、また、n型薄膜を隣接するp型薄膜からZnが拡散される程度にまで薄くし、且つ、p型薄膜を隣接するn型薄膜からの空乏層が延びる程度にまで薄くすれば、主面ではn型領域を、また、斜面ではp型領域を自己整合的に生成させて電流狭窄層を得ることができる。

【0051】ところで、前記したように、(100)面とB面との組み合わせが可能になったので、本発明と前記既出願発明と組み合わせると、従来、存在しなかった構造をもった半導体レーザを実現させることが可能となる。

8

【0052】前記既出願発明では、ラテラルpnバタニングは、(100)面とA面との組み合わせで実施することを開示した。従って、その発明と本発明とを組み合わせると半導体レーザを完全なメサ(台地)構造にすることができる。

【0053】図6は完全なメサ構造をもった半導体レーザを解説する為の要部斜面説明図であり、また、図7は図6に見られる半導体レーザの要部切断正面図である。図に於いて、208は形状基板、209はクラッド層、210は電流狭窄層、210aはp型領域、210bはn型領域をそれぞれ示している。

【0054】図示の半導体レーザでは、基板208に於ける主面は(100)面、或いは、それに近い面であって、その主面から周囲360°方向に斜面が形成された完全なメサ構造の部分を用意している。

【0055】このような基板208上に例えばAlGaInPからなるクラッド層209を形成し、また、二族アクセプタ不純物と六族ドナー不純物の同時ドーピング、或いは、交互ドーピングを行いつつ電流狭窄層210を形成すると、主面を囲む斜面全体の導電型を主面のそれとは逆にすることができる。尚、ここでは、前記したように、斜面上にはp型領域210aが生成され、主面上にはn型領域210bが生成される。

【0056】前記説明で明らかにした不純物拡散の面方位依存性は、Zn及びSeについて説明したが、この特性は二族アクセプタ不純物及び六族ドナー不純物に共通であるから、他の不純物、例えば二族アクセプタであるCdや六族ドナーであるSなどを用いても同じ目的を達成することができる。

【0057】前記したところから、本発明に依る半導体レーザに於いては、

(1)

(100)面或いは(100)面から(111)B方向に約0°から約10°の範囲で傾斜した面からなる主面及び<011>方向に延在した(311)B面或いは(311)B面に近接した面からなる斜面をもつ基板(n-GaAs基板500)と、前記基板上に在ってダブル・ヘテロ構造の構成要素であるp型クラッド層(p側クラッド層507並びに509)の一部に同時に導入された二族アクセプタ不純物及び六族ドナー不純物が前記主面上でn型領域(n型領域508b)を生成すると共に斜面上でp型領域(p型領域508a)を生成して構成された電流狭窄層(電流狭窄層508)とを備えることを特徴とするか、或いは、

【0058】(2)

(100)面或いは(100)面から(111)B方向に約0°から約10°の範囲で傾斜した面からなる主面及び<011>方向に延在した(311)B面或いは(311)B面に近接した面からなる斜面をもつ基板(n-GaAs基板600)と、前記基板上に在ってダ

(6)

9

ブル・ヘテロ構造の構成要素であるp型クラッド層(p側クラッド層607並びに609)の一部として二族アクセプタ不純物がドーピングされた層及び六族ドナー不純物がドーピングされた層が交互に積層され前記主面上でn型領域(n型領域608b)を生成すると共に斜面上でp型領域(p型領域608a)を生成して構成された電流狭窄層(電流狭窄層608)とを備えてなることを特徴とするか、或いは、

【0059】(3)

(100)面或いは(100)面に近接した面からなる主面及び前記主面の周囲360°方向に形成された斜面からなるメサ部分(メサ部分700A)をもつ基板(基板700)と、前記基板上に在って同時に導入された二族アクセプタ不純物及び六族ドナー不純物が前記主面上でn型領域(n型領域709b)を生成すると共に前記主面を囲む斜面上でp型領域(p型領域709a)を生成して構成された半導体層(DBR層709)とを備えてなることを特徴とするか、或いは、

【0060】(4)

(100)面或いは(100)面に近接した面からなる主面及び前記主面の周囲360°方向に形成された斜面からなるメサ部分(メサ部分800A)をもつ基板(p-GaAs基板800)と、前記基板上に在ってダブル・ヘテロ構造の構成要素であるp型クラッド層の一部として二族アクセプタ不純物がドーピングされた層及び六族ドナー不純物がドーピングされた層が交互に積層され前記主面上でn型領域(n型領域803b及び804b)を生成すると共に前記主面を囲む斜面上でp型領域(p型領域803a及び804a)を生成して構成された半導体層(DBR層803及びクラッド層804)とを備えてなることを特徴とするか、或いは、

【0061】(5)

前記(1)又は(2)又は(3)又は(4)に於いて、二族アクセプタ不純物がZnであると共に六族ドナー不純物がSeであることを特徴とするか、或いは、

【0062】(6)

前記(1)又は(2)又は(3)又は(4)に於いて、二族アクセプタ不純物がZnであると共に六族ドナー不純物がSであることを特徴とするか、或いは、

【0063】(7)

前記(1)又は(2)又は(3)又は(4)又は(5)又は(6)に於いて、基板がGaAs、ダブル・ヘテロ構造のクラッド層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせ、活性層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせからなることを特徴とするか、或いは、

【0064】(8)

前記(1)又は(2)又は(3)又は(4)又は(5)又は(6)に於いて、基板がInP、ダブル・ヘテロ構造のクラッド層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせ、活性層がAl, Ga, In, P, Asの組み合わせ

10

せからなることを特徴とするか、或いは

【0065】(9)

前記(7)又は(8)に於いて、活性層が歪み量子井戸活性層であることを特徴とするか、或いは、

【0066】(10)

前記(3)又は(4)又は(5)又は(6)又は(7)又は(8)又は(9)に於いて、複数種類の半導体膜を積層してなる分布ブラッグ反射鏡(DBR層703及び709、DBR層803及び809など)を備えて光射出方向が前記半導体膜の積層方向に略垂直となって面発光することを特徴とする。

【0067】

【作用】本発明では、結晶の(100)面から(111)B面の間で二族アクセプタ不純物と六族ドナー不純物が正反対の取り込み面方位依存性を示すことを利用し、段差基板上に自己整合的にp型領域とn型領域とをパターンニングし、それに依って電流狭窄することを可能にしたので、一回の成長で半導体レーザを製造する為の設計、材料、条件などを選択する自由度を拡大することができ、また、先行技術と組み合わせ、完全なメサ構造をなす半導体レーザも容易に得ることができるので、特性を向上した半導体レーザが得られるのは勿論のこと、光集積回路を製造する場合にも有用である。

【0068】

【実施例】図8は本発明に於ける第一実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【0069】図に於いて、500は基板、501はバッファ層、502は中間層、503はn側クラッド層、504はガイド層、505は井戸層並びにバリア層からなる歪み量子井戸活性層、506はガイド層、507はp側クラッド層、508は電流狭窄層、508aは電流狭窄層に於けるp型領域、508bは電流狭窄層に於けるn型領域、509はp側クラッド層、510は中間層、511は電極コンタクト層をそれぞれ示している。

【0070】図8に見られる半導体レーザに於ける各部分に関する主要なデータを例示すると次の通りである。

【0071】(1) 基板500について

材料: n-GaAs

不純物: Si

不純物濃度:  $4 \times 10^{18} \text{ [cm}^{-3}\text{]}$ 

主面の面指数: (100)面から(111)B方向へ約5°傾斜

斜面の面指数: (311)B面付近

【0072】(2) バッファ層501について

材料: n-GaAs

不純物: Si

不純物濃度:  $1 \times 10^{18} \text{ [cm}^{-3}\text{]}$ 厚さ: 1.0 [ $\mu\text{m}$ ]

【0073】(3) 中間層502について

材料: n-Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P

(7)

11

不純物: Si

不純物濃度:  $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $0.1 [\mu\text{m}]$ 

【0074】(4) n側クラッド層503について

材料:  $n-(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 

不純物: Si

不純物濃度:  $5 \times 10^{17} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $2.0 [\mu\text{m}]$ 

【0075】(5) ガイド層504について

材料: n型或いはアンドープ  $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 

不純物: Si

不純物濃度:  $5 \times 10^{17} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $50 [\text{\AA}]$ 

【0076】

(6) 歪み量子井戸活性層505について

材料:  $(\text{Al})\text{GaInP}/(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  或いは  $\text{GaInAsP}/(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 

○ 井戸層

厚さ:  $60 [\text{\AA}]$ 

層数: 3

圧縮歪み:  $1.0 [\%]$ 

○ バリヤ層

厚さ:  $50 [\text{\AA}]$ 

層数: 2

【0077】(7) ガイド層506について

材料: p型或いはアンドープ  $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 

不純物: Zn

不純物濃度:  $5 \times 10^{17} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $50 [\text{\AA}]$ 

【0078】(8) p側クラッド層507について

材料:  $p-(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 

不純物: Zn

不純物濃度:  $5 \times 10^{17} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $0.2 [\mu\text{m}]$ 

【0079】(9) 電流狭窄層508について

材料:  $\text{Zn}+\text{Se}$  (或いはS) 同時ドーパ  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 不純物濃度: 主面  $n=1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 斜面  $p=1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $0.5 [\mu\text{m}]$ 

【0080】(10) p側クラッド層509について

材料:  $p-(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 

不純物: Zn

不純物濃度:  $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $1.3 [\mu\text{m}]$ 

【0081】(11) 中間層510について

材料:  $p-\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 

12

不純物: Zn

不純物濃度:  $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $0.1 [\mu\text{m}]$ 

【0082】

(12) 電極コンタクト層511について

材料:  $p-\text{GaAs}$ 

不純物: Zn

不純物濃度:  $5 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 厚さ:  $0.5 [\mu\text{m}]$ 

【0083】第一実施例に於ける基板500は、(100)から(111)B方向に約 $5^\circ$ 傾斜したGaAs基板に $\langle 011 \rangle$ 方向に幅 $150 [\mu\text{m}]$ 程度の窓をもつ $\text{SiO}_2$ 或いはレジストなどからなるマスク膜を形成し、エッチャントをフッ酸+過酸化水素+水の混合液とするウェット・エッチング法を適用して加工することで得ることができる。

【0084】前記各結晶層を成長させる場合、例えばMOVPE法を適用し、In, Ga, Al, As, Pを得る為の原料としては、TMIn, TEGa, TMAI,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ などを用い、また、Zn, Se, S, Siなどのドーピングには、ジメチル亜鉛( $\text{DMZn: Zn}(\text{CH}_3)_2$ )、ジエチル亜鉛( $\text{DEZn: Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ )、セレン化水素( $\text{H}_2\text{Se}$ )、硫化水素( $\text{H}_2\text{S}$ )、ジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )などを用いる。キャリア・ガスには水素を用い、成長圧力は $50 [\text{Torr}]$ 前後、成長温度は $650 [^\circ\text{C}] \sim 750 [^\circ\text{C}]$ である。

【0085】図9は本発明に於ける第二実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【0086】図に於いて、600は基板、601はバッファ層、602は中間層、603はn側クラッド層、604はガイド層、605は井戸層並びにバリヤ層からなる歪み量子井戸活性層、606はガイド層、607はp側クラッド層、608は電流狭窄層、608aは電流狭窄層に於けるp型領域、608bは電流狭窄層に於けるn型領域、609はp側クラッド層、610は中間層、611は電極コンタクト層をそれぞれ示している。

【0087】第二実施例が第一実施例と相違するところは、電流狭窄層608のみで、他は同じである。ここで、電流狭窄層608は、p型不純物とn型不純物とを同時ドーピングして形成するのではなく、Znをドーピングしたp型層及びSe或いはSをドーピングしたn型層を交互に積層し、主面ではSe (或いはS) 濃度 $>$ Zn濃度に、また、斜面ではSe (或いはS) 濃度 $<$ Zn濃度になるよう設定してあり、各層の厚さは $100 [\text{\AA}]$ 程度、周期数は10から20である。

【0088】前記各実施例では、n型基板を用いる場合について説明したが、上下関係を全く逆にすれば、p型基板を用いた半導体レーザを実現することも容易であり、また、AlGaInP系可視光半導体レーザのみで

(8)

13

なく、図1及び図2に見られるような特性が現れる材料、及び、本発明の原理及び作用を用い、同様な半導体レーザを実現させることができる。

【0089】図10は本発明に於ける第三実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図であり、ここに見られる半導体レーザは面発光レーザである。

【0090】図に於いて、700はn-GaAs基板、700Aはn-GaAsメサ部分、701はn-GaAsバッファ層、702はn-GaInP中間層、703は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 、或いは、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ などの組み合わせからなる薄膜多層のDBR (distributed-bragg reflector) 層、704は $\text{n-(Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層、705は $\text{n-(Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ ガイド層、706は $(\text{Al})\text{GaInP}$ 或いは $(\text{Al})\text{GaInAs}$ からなる井戸層及び $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ バリア層からなる歪み量子井戸活性層、707は $\text{p-(Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ ガイド層、708は $\text{p-(Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層、709は $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の組み合わせからなる薄膜多層のDBR層、709aはp型領域、709bはn型領域、710は $\text{p-Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 中間層、711は $\text{p-GaAs}$ 電極コンタクト層をそれぞれ示している。

【0091】第三実施例の半導体レーザに於ける基板700は、(100)に近接した主面及び主面を取り囲むように形成された斜面からなるメサ部分700Aを備えていて、主面と斜面とがなす角度は約 $15^\circ$ 乃至 $35^\circ$ 程度である。

【0092】第三実施例の半導体レーザに於けるDBR層709を成長させる場合、二族アクセプタ不純物と六族ドナー不純物を同時にドーピングするか、或いは、交互にドーピングすることで、主面上ではn型に、そして、斜面上ではp型にパターンニングすることができる。

【0093】第三実施例の半導体レーザを動作させる場合、電極コンタクト層711側から電流が注入され、DBR層709に於けるp型の斜面を経由して歪み量子井戸活性層706に注入される。尚、DBR層709の形成時に於いて、同時ドーピング或いは交互ドーピングする際、斜面の部分に取り込まれる二族アクセプタ不純物のドーピング量を増加させれば、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる周期構造が混合され、その部分の抵抗値を低下させることができる。

【0094】図11は本発明に於ける第四実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図であり、ここに見られる半導体レーザも面発光レーザである。

【0095】図に於いて、800はp-GaAs基板、

14

800Aはp-GaAsメサ部分、801はp-GaAsバッファ層、802はp-GaInP中間層、803は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 、或いは、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ などの組み合わせからなる薄膜多層のDBR層、803aはp型領域、803bはn型領域、804は $\text{p-(Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層、804aはp型領域、804bはn型領域、805は $\text{p-(Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ ガイド層、806は $(\text{Al})\text{GaInP}$ 或いは $(\text{Al})\text{GaInAs}$ からなる井戸層及び $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ バリア層からなる歪み量子井戸活性層、807は $\text{n-(Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ ガイド層、808は $\text{n-(Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層、809は $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の組み合わせからなる薄膜多層のDBR層、810は $\text{n-Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 中間層、811は $\text{n-GaAs}$ 電極コンタクト層をそれぞれ示している。

【0096】第四実施例の半導体レーザに於ける基板800も、(100)に近接した主面及び主面を取り囲むように形成された斜面からなるメサ部分800Aを備えていて、主面と斜面とがなす角度は同じく約 $15^\circ$ 乃至 $35^\circ$ 程度である。

【0097】第四実施例の半導体レーザに於けるDBR層803及びクラッド層804を成長させる場合、二族アクセプタ不純物と六族ドナー不純物を同時にドーピングするか、或いは、交互にドーピングすることで、主面上ではn型に、そして、斜面上ではp型にパターンニングすることができる。

【0098】第四実施例の半導体レーザを動作させる場合、基板800側から電流が注入され、DBR層803に於けるp型の斜面を経由して歪み量子井戸活性層806に注入される。

【0099】

【発明の効果】本発明に依る半導体レーザに於いては、(100)面或いは(100)面から(111)B方向に約 $0^\circ$ から約 $10^\circ$ の範囲で傾斜した面からなる主面並びに $\langle 011 \rangle$ 方向に延在した(311)B面或いは(311)B面に近接した面からなる斜面をもつ基板、或いは、(100)面或いは(100)面に近接した面からなる主面及び前記主面の周囲 $360^\circ$ 方向に形成された斜面からなるメサ部分をもつ基板を有し、前記基板上の半導体層に二族アクセプタ不純物及び六族ドナー不純物を導入して前記主面上でn型領域を生成すると共に斜面上でp型領域を生成させる。

【0100】前記構成を採ることに依って、結晶の(100)面から(111)B面の間で二族アクセプタ不純物と六族ドナー不純物が正反対の取り込み面方位依存性を示すので、段差基板上に自己整合的にp型領域とn型

(9)

15

領域とをパターンニングして電流狭窄することが可能となり、一回の成長で半導体レーザを製造する為の設計、材料、条件などを選択する自由度を拡大することができ、また、先行技術と組み合わせ、完全なメサ構造をなす半導体レーザも容易に得ることができるので、特性を向上した半導体レーザが得られるのは勿論のこと、光集積回路を製造する場合にも有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 AlGaInPに於けるZn取り込みの面方位依存性を説明する為の線図である。

【図2】 AlGaInPに於けるSe取り込みの面方位依存性を説明する為の線図である。

【図3】 (100)面から(111)B面の間でZnとSeとを同時にドーピングした場合の不純物濃度とキャリア濃度の依存性を表す線図である。

【図4】 本発明の原理を適用して作製した半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【図5】 同じく本発明の原理を適用して作製した半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【図6】 完全なメサ構造をもった半導体レーザを解説する為の要部斜面説明図である。

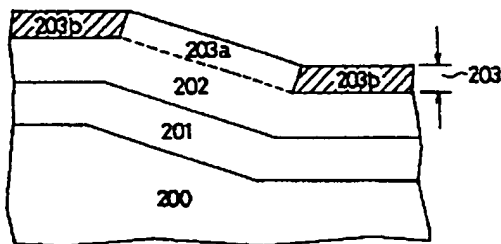
【図7】 図6に見られる半導体レーザの要部切断正面図である。

【図8】 本発明に於ける第一実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【図9】 本発明に於ける第二実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【図4】

本発明の原理に基づく半導体レーザの要部切断正面図



200 : 基板  
201 : バッファ層  
202 : クラッド層  
203 : 電流狭窄層  
203a : p型領域  
203b : n型領域

16

【図10】 本発明に於ける第三実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【図11】 本発明に於ける第四実施例を説明する為の半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【図12】 標準的なAlGaInP/GaInPロス・ガイド構造可視光半導体レーザを表す要部切断正面図である。

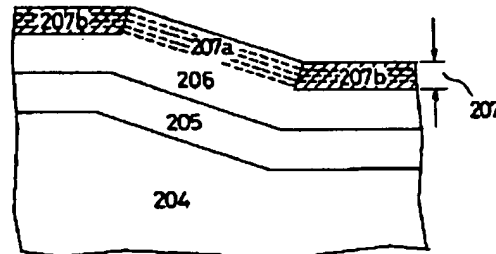
【図13】 本発明者等が開発したS<sup>3</sup>レーザと呼ばれる可視光半導体レーザを表す要部切断正面図である。

【符号の説明】

200 基板  
201 バッファ層  
202 クラッド層  
203 電流狭窄層  
203a p型領域  
203b n型領域  
204 基板  
205 バッファ層  
206 クラッド層  
207 電流狭窄層  
207a p型領域  
207b n型領域  
208 形状基板  
209 クラッド層  
210 電流狭窄層  
210a p型領域  
210b n型領域

【図5】

本発明の原理に基づく半導体レーザの要部切断正面図

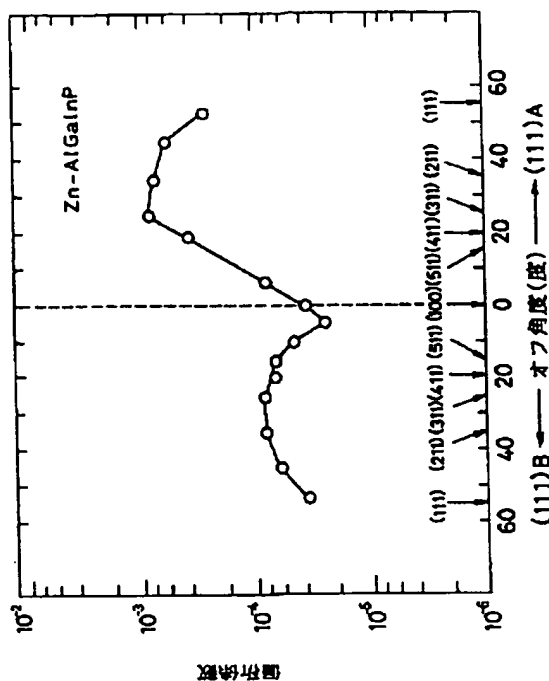


204 : 基板  
205 : バッファ層  
206 : クラッド層  
207 : 電流狭窄層  
207a : p型領域  
207b : n型領域

(10)

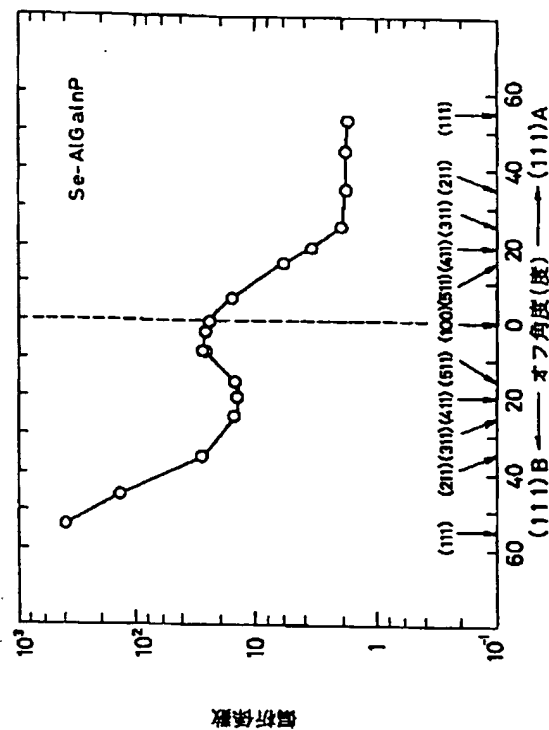
【図1】

AlGaInPのZn取り込み面方位依存性を表す線図



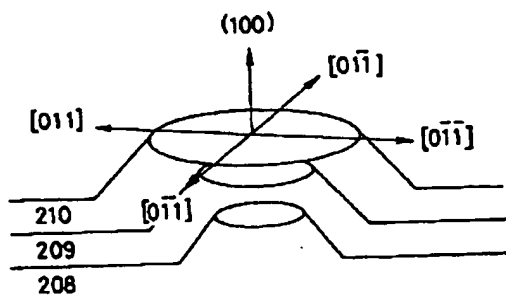
【図2】

AlGaInPのSe取り込み面方位依存性を表す線図



【図6】

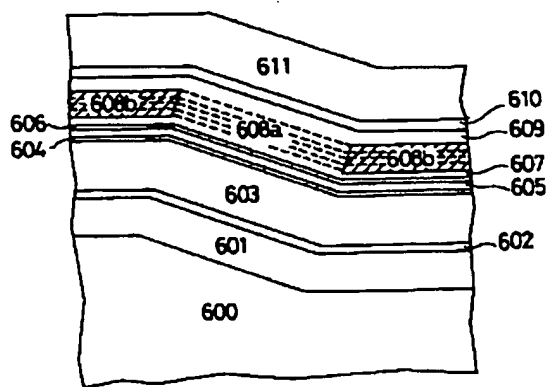
メサ構造をもつ半導体レーザの要部斜面説明図



208: 形状基板  
209: クラッド層  
210: 電流狭窄層

【図9】

第二実施例の半導体レーザを表す要部切断正面図

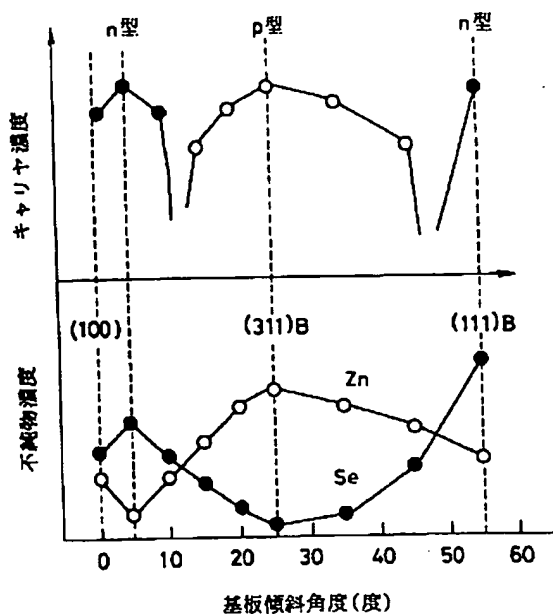


607: p側クラッド層  
608: 電流狭窄層  
608a: p型領域  
608b: n型領域  
609: p側クラッド層  
610: p側の中間層  
611: 電極コンタクト層  
600: 基板  
601: バッファ層  
602: n側の中間層  
603: n側クラッド層  
604: n側のガイド層  
605: 歪み量子井戸活性層  
606: p側のガイド層

(11)

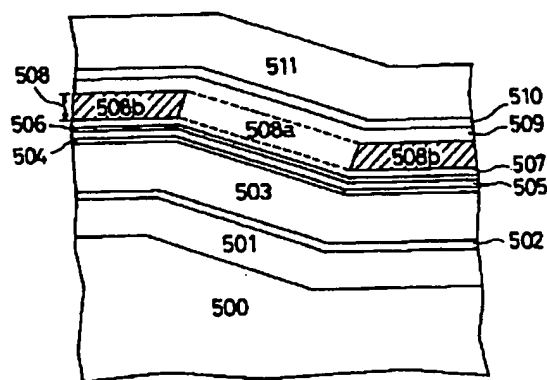
【図3】

Zn, Seを同時ドーピングした場合の不純物濃度及び  
キャリア濃度の依存性を表す線図



【図8】

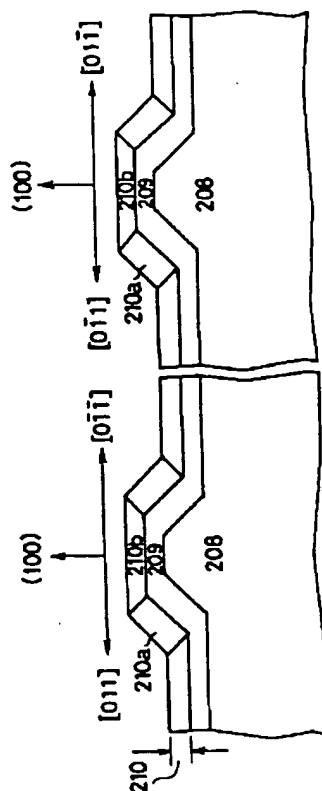
第一実施例の半導体レーザを表す要部切断正面図



- |               |                |
|---------------|----------------|
| 507: p側クラッド層  | 500: 基板        |
| 508: 電流狭窄層    | 501: バッファ層     |
| 508a: p型領域    | 502: n側の中間層    |
| 508b: n型領域    | 503: n側クラッド層   |
| 509: p側クラッド層  | 504: n側ガイド層    |
| 510: p側の中間層   | 505: 歪み量子井戸活性層 |
| 511: 電極コンタクト層 | 506: p側のガイド層   |

【図7】

メサ構造をもつ半導体レーザの要部切断正面図

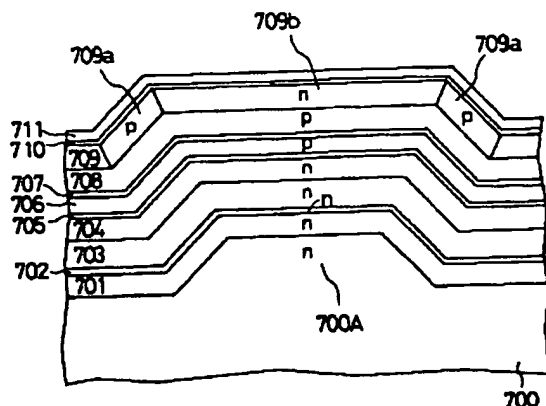


- 208: 形状基板  
209: クラッド層  
210: 電流狭窄層  
210a: p型領域  
210b: n型領域

(12)

【図10】

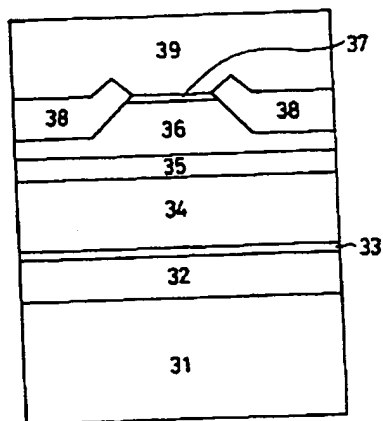
第三実施例の半導体レーザを表す要部切断正面図



- |                |               |
|----------------|---------------|
| 700: 基板        | 707: p側のガイド層  |
| 700A: メサ部分     | 708: p側のクラッド層 |
| 701: バッファ層     | 709: DBR層     |
| 702: n側の中間層    | 709a: p型領域    |
| 703: DBR層      | 709b: n型領域    |
| 704: n側のクラッド層  | 710: p側の中間層   |
| 705: n側のガイド層   | 711: 電極コンタクト層 |
| 706: 歪み量子井戸活性層 |               |

【図12】

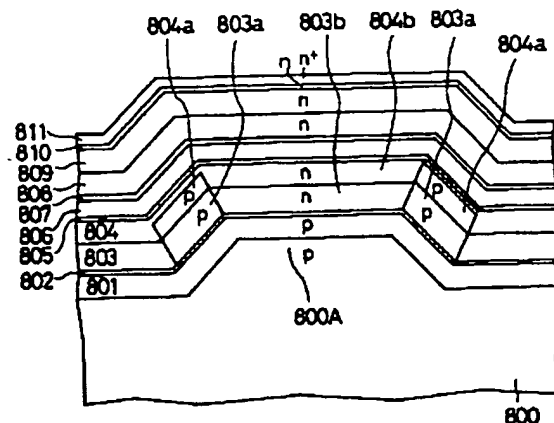
標準的な半導体レーザを表す要部切断正面図



- |              |
|--------------|
| 31: 基板       |
| 32: バッファ層    |
| 33: n側の中間層   |
| 34: n側のクラッド層 |
| 35: 活性層      |
| 36: p側のクラッド層 |
| 37: p側の中間層   |
| 38: 電流狭窄層    |
| 39: コンタクト層   |

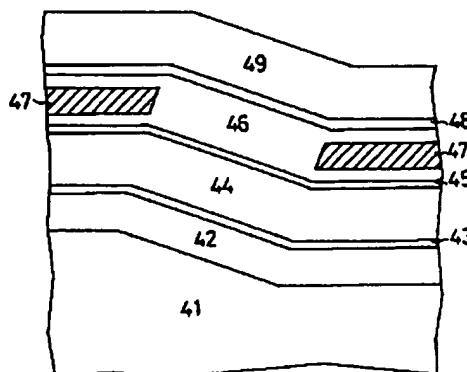
【図11】

第四実施例の半導体レーザを表す要部切断正面図



- |               |                |
|---------------|----------------|
| 800: 基板       | 804a: p型領域     |
| 800A: メサ部分    | 804b: n型領域     |
| 801: バッファ層    | 805: p側のガイド層   |
| 802: p側の中間層   | 806: 歪み量子井戸活性層 |
| 803: DBR層     | 807: n側のガイド層   |
| 803a: p型領域    | 808: n側のクラッド層  |
| 803b: n型領域    | 809: DBR層      |
| 804: p側のクラッド層 | 810: n側の中間層    |
|               | 811: 電極コンタクト層  |

【図13】

S<sup>3</sup>レーザを表す要部切断正面図

- |                          |
|--------------------------|
| 41: 基板                   |
| 42: バッファ層                |
| 43: n側の中間層               |
| 44: n側のクラッド層             |
| 45: 活性層                  |
| 46: p側のクラッド層             |
| 47: pn同時ドーピングで形成された電流狭窄層 |
| 48: p側の中間層               |
| 49: コンタクト層               |